

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004年8月5日 (05.08.2004)

PCT

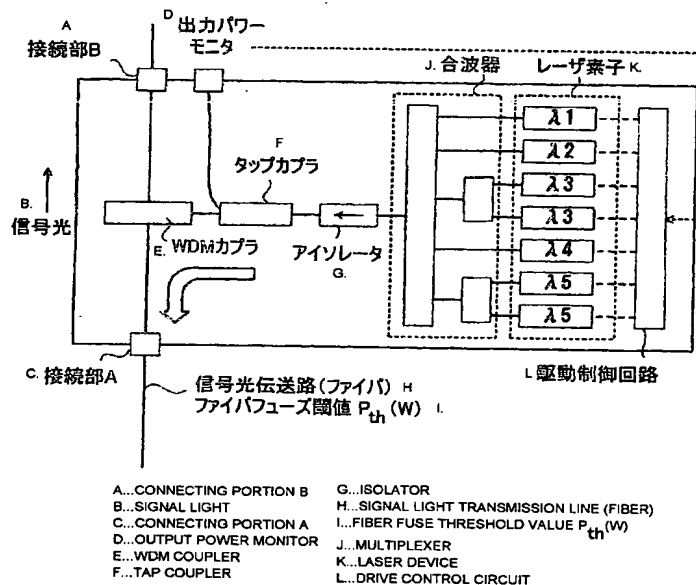
(10) 国際公開番号
WO 2004/066007 A1

- (51) 国際特許分類: G02B 6/44, H01S 3/067, 3/10 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/000141 (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 瀬尾 浩司 (SEO, Koji) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 西村 直也 (NISHIMURA, Naoya) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP).
(22) 国際出願日: 2004年1月13日 (13.01.2004)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ: 60/439,405 2003年1月10日 (10.01.2003) US (74) 代理人: 川和 高穂 (KAWAWA, Takaho); 〒1080073 東京都港区三田3丁目1-10 Tokyo (JP).
(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 古河電気工業株式会社 (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 Tokyo (JP). (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL FIBER, LIGHT AMPLIFIER, AND LIGHT SOURCE

(54) 発明の名称: 光ファイバ、光増幅器及び光源



(57) Abstract: A coated optical fiber which comprises a coating material covering the outer surface of an optical fiber and is capable of transmitting a high power light is characterized in that heating-up of the coating material caused by absorbing lights leaking out of the optical fiber is suppressed by using a transparent ultraviolet-curing resin as the coating material. A light transmission method is characterized in that a fiber fuse propagation threshold value, which is the minimum optical power necessary for propagation of a fiber fuse, is found and the power of the transmitted light is controlled so that it is smaller than the fiber fuse propagation threshold value.

(57) 要約: 外周を被覆材で覆われた被覆光ファイバであって、被覆材に透明な紫外線硬化型樹脂を用いることによって、被覆材が光ファイバから外部へ漏れた光を吸収して発熱することを抑制することを特徴とする高出力光を送送できる被覆光ファイバ。更に、ファイバフューズ伝達に必要な最小の光出

[続葉有]



LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

光ファイバ、光増幅器及び光源

技術分野

光通信システムにおいて使用される光ファイバ、ラマン増幅器や希土類添加ファイバ増幅器等の光増幅器、及び光源に関する。

背景技術

近年、光通信の分野においては、通信の高速化及びWDM通信技術により、伝送容量の大容量化が要求されている。

特にWDM通信技術では、一度に広帯域の信号光を増幅させることが可能な広帯域光増幅器の必要性が高まっている。この広帯域光増幅器に関しては、例えばラマン増幅器、希土類添加ファイバ増幅器がその要求に適した増幅器と考えられる。ラマン増幅器は、誘導ラマン散乱効果を利用し、信号光を増幅させる構成となっている。このラマン増幅器の誘導ラマン散乱の効果を効率的に発生させるためには、高出力の励起光が必要である。

また、ラマン増幅器における広帯域の信号光を増幅させるには、複数の波長のレーザ光を合波した励起光を使用するのが一般的である。このため、光増幅器から出力される合波された励起光は、高出力光となる場合がある。今後、更なる通信帯域の広域化に対応するため、広帯域にわたって一括増幅が可能な光増幅器が必要となるが、この要求を満足させるには、更にハイパワーの励起光が必要となる。つまり、更にハイパワーの励起光が光増幅器から出力されることになる。なお、この光増幅器は、増幅される信号光の帯域がフラットなゲインを持つように設計されることも重要な目的である。

上述では、ラマン増幅器について説明したが、伝搬される信号光及びEDFA等の希土類添加ファイバ増幅器についても同様のことが言える。つまり、高出力光が伝搬されるということである。例えば、信号光のような微弱パワーの光であっても、それをAWGなどの合波器で多波長合波すると、ハイパワーとなる場合がある。また、EDFAと組み合わせて使用されているレーザ素子の場合でも、その出力は高出力化される場合がある。

このように伝送する光の高出力化の環境下において、より多くの問題も生じるようになった。その第1の問題は、光ファイバの被覆材が焼損する問題である。光通信システムにおいて光の高出力化が進む一方で、光増幅器、光源をより小型化する目的で、光部品を高密度に実装する必要性が高まっている。これを実現するためには、光増幅器、光源のダウンサイズを考慮して、光ファイバを任意の小さい曲率径で曲げて収納する必要性が生じてきた。具体的には、高密度実装化、光装置の小型化のために、光ファイバをよりコンパクトに収納した状態でハイパワー光を伝搬しなければならない。

しかしながら、光ファイバは、このように小さな曲率径で曲げられると、伝送されている光がコアからクラッド、被覆材を介して光ファイバの外部に漏れる現象が生じる。この際、上述のように、伝搬される光のハイパワー化が進むにつれて、従来の光強度では起きなかった問題が発生する可能性がある。

例えば、光ファイバは、その外周部を覆う被覆材がコアから漏れたハイパワーの光を吸収し発熱する。このため、光ファイバの小さな曲率径部分は、高温下で使用されることになる。この結果、被覆材が従来より早く劣化し、光ファイバが断線し易くなる恐れがある。

従って、本発明の一つの目的は、上述した従来の問題を解決して、高出力光

を伝搬する光ファイバにおいて、仮に、小さい曲率径で曲げられたとしても、光ファイバのコアからクラッド、被覆材を介して外へ漏れる光パワーにより、被覆材が劣化する等の問題を起こすことなく、高出力光の伝搬を問題無く行うことができる光ファイバを提供することにある。

また、光パワーの高出力化に伴う第2の問題は、いわゆるファイバフューズに関する問題である。

伝送路となる光ファイバにおける光エネルギー密度がある閾値より高い状態、すなわち高光エネルギー密度になった状態で、加熱等のコア溶融を誘発する様々な要因が加わると、この光ファイバの中心部が、まず局所的に溶融する。そして、この溶融現象は光源に向かって自己伝達する、いわゆるファイバフューズ現象が発生する。

この場合、光ファイバの溶融現象は、例えばSMF (Single Mode Fiber) の場合、コア部と同等の直径 (略 $10\ \mu\text{m}$ 程度) の断面領域で発生することが知られている。

このファイバフューズ現象は、 1 m/s 程度の速度で進行し、光増幅器、光源からの光伝送を停止するか、または光ファイバにおける光エネルギー密度がある閾値より低い状態にならない限り継続する。溶融部が伝達した後の光ファイバは、コア部に伝達痕 (空洞) が形成され、光が伝送されない状態となる。

ファイバフューズは、ハイパワーの光がある閾値以上の光エネルギー密度で伝送されるか、局所的に加熱されるような場合に最も発生しやすい現象ということである。このため、ファイバフューズは、コア部周辺を局所的に加熱しても必ず発生する訳ではない。しかも、ある特定の条件を満足した場合のみ発生し、その発生確率は極めて低いものである。

しかし、一度ファイバフューズが発生してしまうと、光増幅器、光源側に向

かってファイバフューズが進行するため、光ファイバの一部もしくは全長に渡って破壊してしまう可能性がある。さらに、ファイバフューズが光ファイバに接続された光部品、光装置に到達すると、その光装置も破壊される可能性があり、光伝送路が破壊してしまう恐れがある。

このため、本発明のもうひとつの目的は、上述の従来の問題を解決し、光ファイバにおけるファイバフューズ現象を発生させたり伝達させたりすることなく、ハイパワーな光信号の伝送を可能とする光信号の伝送方法、制御方法を提供することにある。

発明の開示

本発明者は、上述した問題を解決すべく、鋭意研究を重ねた。その結果、上記の目的を達成するため、本発明の光ファイバの第 1 の実施態様として、高出力光を伝搬する光ファイバにおいて、漏れ光を吸収することが少ない被覆材料を用いることによって、仮に光ファイバが、小さい曲率径で曲げられることがあっても、光ファイバに損傷等が生じることなく、高出力光を安定して伝搬することが可能な光ファイバを知見した。

本実施態様においては、被覆の材料として透明な UV 硬化樹脂を用いることによって、最小約 10 mm の直径で曲げられても、漏れ光の吸収による光ファイバの被覆材の劣化を防ぐことができ、断線等を防止することが可能となる。

更に、本発明の光ファイバの他の実施態様として、光ファイバの被覆層が、紫外線硬化型樹脂からなる一次被覆層、二次被覆層、及び着色層よりなり、着色層は、その周囲方向の一部が、間欠であって二次被覆層を覆っていない光ファイバも知見した。また、この着色層をストライプ状に形成することにより、

着色層の一部を被覆しないようにした光ファイバや、着色層をらせんストライプ状に形成することにより、着色層の一部を被覆しないようにした光ファイバも知見した。

また、上記の光ファイバを用いた光装置(光増幅器、光源)や、上記の光ファイバを用いて光装置に接続する光ファイバケーブルも知見した。

従来技術の問題点である、被覆の劣化による光ファイバの断線、さらには被覆層の発火は、紫外線硬化型樹脂からなる一次被覆層及び二次被覆層を被覆した光ファイバの外周にさらに着色層を施した場合、ガラスクラッド層を抜けて被覆層に達した漏れ光のエネルギーが、着色層を透過せず、被覆層内で反射・吸収されて発熱することによって引き起こすと考えられる。

従って、上記の実施態様によって、二次被覆層上の着色層の一部を欠落させ、漏れ光を被覆ファイバの外部に逃がすことによって、500W以上の高出力光を導波させる被覆光ファイバにおいて、曲げ径を小さくしても、問題を発生することなく、信頼性の高い伝送システムを供給できる。

更に、本発明者は、様々な解析や実験によって、ファイバフューズ伝達が生じるための必要な最小の光パワー P_{th} (W) (ファイバフューズ伝達閾値)を知見した。また、この最小の光パワー P_{th} と、光源の波長(スペクトラ)、光ファイバの種類、ドーパントの種類、及び、MFD (Mode Field Diameter) との関係を知見した。

この知見した最小の光パワー P_{th} を用いて、伝搬する光のパワー P (W) を制御することができる。

つまり、

$$P < P_{th}$$

の関係が成り立つ範囲で光を伝搬させれば、ファイバフューズは発生せず、何

らかのきっかけでファイバフューズが発生したとしても光増幅器、光源側に伝達する恐れは全くなく、高出力光の伝搬が可能となる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の光ファイバと従来の光ファイバの曲げ試験装置の概要を示す図である。

図2は、本発明の光ファイバと従来の光ファイバの曲げ試験における外表面度の変化を示した図である。

図3は、本発明の光ファイバと従来の光ファイバの曲げ試験の試験結果を示した表である。

図4は、ファイバフューズ伝達閾値 P_{th} (W) を測定する測定装置の概要を示す図である。

図5は、SMF、DSFとDCFのファイバフューズ伝達閾値 P_{th} (W) の測定結果を比較した図である。

図6は、ファイバフューズ伝達閾値 P_{th} (W) とMFDとの関係を示した図である。

図7は、ラマン増幅に利用される高出力波長多重励起光源の実施例の構成図を示した図である。

図8は、トータル出力パワー P をファイバフューズ伝達閾値 P_{th} よりも小さく制御する信号光の伝送方法を示したフロー図である。

図9Aは、光ファイバの端面の損傷を示す図である。

図9Bは、光ファイバの端面の損傷を示す図である。

図9Cは、光ファイバの端面の損傷を示す図である。

図10は、光ファイバの端部の損傷試験の結果を示す表である。

図11は、高出力伝送による被覆層への影響を示す図である。

図12は、高出力伝送実験において、5分間の通線試験を行った実験結果を示す図である。

図13は、従来の全面が着色層で覆われた光ファイバを示す断面図である。

図14は、本発明の間欠着色層を有する光ファイバを示した断面図である。

図15は、ストライプ状の着色層を有する光ファイバを示した側面図である。

図16は、らせんストライプ状の着色層を有する光ファイバを示した側面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下に発明の実施態様を、図面を用いながら詳細に説明する。

(被覆材が焼損しない光ファイバ)

まず、小さい曲率径で曲げられても、劣化、損傷等が生じることがなく、励起光もしくはハイパワーな光信号を伝送することが可能な光ファイバの実施態様について説明する。

(透明な紫外線硬化樹脂を用いた光ファイバ)

従来型の光ファイバでは、被覆材として、ウレタンアクリレート系、エポキシアクリレート系、シリコン系の紫外線硬化型樹脂組成物（以下、UV硬化樹脂とする）やナイロン樹脂等が用いられているが、光ファイバの識別のため、被覆材は着色されている。従って、光ファイバを小さい曲率径で曲げた場合には、光ファイバのコア、クラッドを介して外部に漏れようとする光パワーを、この被覆材が吸収して発熱する。従来は、伝搬される光パワーが低かったため、問題が生じるほどの発熱は起こらなかった。しかし、今後、伝搬する信号光、励起光の高出力化によって、この被覆材の着色が伝送される信号光の漏れ光のパワーを吸収して発熱し、この発熱により被覆材が損傷して、光ファイバの断線が起こる恐れもある。

一方、本発明では、光ファイバの被覆の材料に透明な UV 硬化樹脂を用いる。これにより、高出力光を伝搬するときに、仮に光ファイバが小さい曲率径で曲げられ、この曲げにより漏れ光が発生したとしても、被覆材が吸収する光パワーの量は大幅に低減させる。従って、この被覆材は、発熱によって損傷することではなく、そのまま高出力光を伝搬し続けることが可能となる。

ここで、本発明の光ファイバの性能を確認するため、従来の光ファイバと共に、光ファイバを任意の曲率径に曲げた状態でハイパワー光を伝搬させる試験を行った。

図 1 に、本発明の光ファイバと従来の光ファイバに対して行った曲げ試験の装置の概要を示す。試験用の光ファイバとしては、本発明である透明な UV 硬化樹脂で被覆した光ファイバと、従来型の光ファイバとして、それぞれ白色、青色、緑色の UV 硬化樹脂で被覆した 3 種類の光ファイバと、白色のナイロンで被覆した光ファイバの計 4 種類を用いた。

一般的に、UV 硬化樹脂で被覆した光ファイバは、光装置内で用いられ、ナイロンで被覆した光ファイバは、光装置間をつなげる光ファイバに利用される場合が多い。また、光ファイバの外径は、UV 硬化樹脂を被覆した光ファイバの外径が $250\ \mu\text{m}$ であり、ナイロンを被覆した光ファイバの外径が $900\ \mu\text{m}$ である。

試験は、各試験用光ファイバにレーザ光源を接続した後、その光ファイバの一部に、1 ターンの曲げ部分を設けた。そして、入力光の強度と、曲げの曲率径を変化させて、各々の場合における漏れ光による光ファイバの被覆材の劣化の具合を観測した。

試験では、波長 1480nm のレーザ光源の出力 P (単位: W) を、 1W 、 2W 、 3W の 3 段階に変化させた。また、各々のレーザ光源の出力に対して、光ファイ

パの曲げ直径 A (単位: mm) を、30 mm、20 mm、15 mm、10 mm、5 mm の 5 段階に変化させて、被覆材の劣化の状況を観測した。

また、同時に、熱電対で光ファイバの外表面の温度変化を測定した。温度変化の測定は、レーザ光源の出力 P を最大の 3 W に設定し、光ファイバの曲げ直径 A を 3 mm にするという最も過酷な条件下において行われた。図 2 に、温度測定の結果を示す。測定したのは、本発明である透明な UV 硬化樹脂を被覆した光ファイバと、従来型の白い UV 硬化樹脂を被覆した光ファイバである。ここで、グラフの縦軸は、温度 (単位: °C) を取り、横軸は、時間 (単位: 分) を取っている。

両方の光ファイバとも、通光後、約 1 分で温度が急速に上昇し、約 2 ～ 3 分前後で、ほぼ漏れ光による発熱と外表面からの放熱がバランスして、温度は平衡状態となっている。従来型の白い UV 硬化樹脂を被覆した光ファイバでは、表面温度が 100 °C 前後に達したのに対して、本発明である透明な UV 硬化樹脂を被覆した光ファイバでは、表面温度は 60 ～ 65 °C 前後に収まった。被覆材料の耐熱温度を考慮すると、この温度差は非常に大きな影響を及ぼすと考えられる。

また、この温度上昇データに基づけば、仮にハイパワー光を 5 分間伝搬させれば、既に平衡状態に達しており、被覆材の温度変化による損傷状況は十分判明すると考えられる。従って、下記に説明する各光ファイバの比較試験では、ハイパワー光を 5 分間伝搬した後の、損傷状況を観察することにした。

図 3 の表は、本発明の光ファイバ (UV (transparent)) と従来型の 4 種類の光ファイバ (UV (white)、UV (blue)、UV (green)、Nylon (white)) の比較試験結果を示すものである。入力光の強さ P が 1 W、2 W、3 W に対して、各々の光ファイバについて、曲げ直径 A が 30 mm、20 mm、15 mm、10 mm、5 m

mの場合の観察結果を示す。

入力光の強さPが1Wの場合は、本発明の透明なUV硬化樹脂を被覆した光ファイバでは、どの曲げ直径であっても、全く損傷は発生しなかった。

一方、着色したUV硬化樹脂を被覆した光ファイバは、3色共に、曲げ直径が15mm以下になると、被覆材が漏れ光を吸収して損傷し、光ファイバにくせがついた（変形した）。

ナイロンを被覆した光ファイバでは、曲げ直径が15mm以下になると、被覆材が漏れ光を吸収して損傷し、光ファイバにくせがつき、更に、曲げ直径が5mm以下では、被覆材が溶解して光ファイバ自体が露出する状態となった。

入力光の強さPが2Wの場合は、本発明の透明なUV硬化樹脂を被覆した光ファイバでは、曲げ直径が10mmまでは、全く損傷は発生しなかった。曲げ直径が5mm以下の場合、被覆材が茶色っぽく変色した。

着色したUV硬化樹脂を被覆した光ファイバは、3色共に、曲げ直径が15mm以下になると、被覆材が漏れ光を吸収して損傷し、光ファイバにくせがついた。また、曲げ直径が5mm以下の場合、3色共に、被覆材が茶色っぽく変色した。

ナイロンを被覆した光ファイバでは、曲げ直径が15mm以下になると、被覆材が漏れ光を吸収して損傷して、光ファイバにくせがつき、更に、曲げ直径が5mm以下では、被覆材が破壊した。

入力光の強さPが3Wの場合は、本発明の透明なUV硬化樹脂を被覆した光ファイバでは、曲げ直径が10mm以上の場合、全く損傷は発生しなかった。光ファイバの曲げ直径が5mm以下の場合、被覆材が茶色っぽく変色した。

着色したUV硬化樹脂を被覆した光ファイバについては、白、青色の光ファイバの場合、曲げ直径が15mm以下になると、被覆材が漏れ光を吸収して損傷して、光ファイバにくせがついた。緑色の光ファイバでは、曲げ直径が20m

m以下になると、被覆材が漏れ光を吸収して損傷して、光ファイバにくせがついた。また、曲げ直径が5 mm以下の場合、3色共に、被覆材が変色した。

ナイロンを被覆した光ファイバでは、曲げ直径が15 mm以下になると、被覆材が漏れ光を吸収して損傷して、光ファイバにくせがつき、更に、曲げ直径が5 mm以下では、被覆材が破壊した。

以上の結果をまとめると、本発明の透明なUV硬化樹脂を被覆した光ファイバは、曲げ直径が10 mm以上であれば、全く損傷を起こさずに、3 Wまでのハイパワーの光を伝送することができた。

一方、着色したUV硬化樹脂を被覆した光ファイバについては、1 Wのパワーの入力光であっても、曲げ直径が15 mm以下となると被覆材に損傷が発生し、実用的に使用することは不可能であることが判明した。ただし、色の違いによる損傷の差に関しては、明確な差は現れなかった。

また、同じ従来型の光ファイバであっても、ナイロンを被覆した光ファイバは、更に損傷が激しく、曲げ直径を5 mm以下にすると、被覆材の溶解や断線が発生する状態となった。

本実験から、曲げにより発生する漏れ光による耐損傷性能に関して、本発明の光ファイバは、従来型の光ファイバに比べて非常に優れた性能を有することが証明された。

(半透明な紫外線硬化樹脂を用いた光ファイバ)

また、上述した試験では透明なUV硬化樹脂を被覆した光ファイバを用いたが、半透明なUV硬化樹脂を被覆した光ファイバを代わりに用いても、着色したUV硬化樹脂を被覆した光ファイバとは大きな差異があり、透明なUV硬化樹脂を被覆した光ファイバに準じた耐損傷性能を有することが判明している。

さらに、上述した透明なUV硬化樹脂からなる被覆材を持つ光ファイバを曲げて光装置内に設置する場合は、光ファイバの外側に漏れ光を吸収する機能部

品を配置させても良い。例えば、光ファイバをボビン等に巻付けた状態で光装置内に配置する場合、ボビンの外側を覆うように光を吸収するパッケージ部材を配置させる。この場合、パッケージ部材は、少なくともその内表面に光を吸収する膜が設けられていればよい。このように、透明なUV硬化樹脂からなる被覆材を持つ光ファイバをパッケージ部材に収納すると、被覆材に吸収されずに光ファイバの外側へ漏れる光は、パッケージ部材に吸収されることになり、光増幅器、光源に悪影響を及ぼすことはない。なお、必要に応じて、このパッケージ部材に温度調整機能を設けても良い。

(間欠着色層を有する光ファイバ)

次に、着色層が2次被覆層の全体を覆っていない間欠着色層を有する光ファイバの実施形態について説明する。

長期的な信頼性から光ファイバのきつい曲げは許容されていないが、実際のシステム導入の折りには短期的なきつい曲げが加えられる可能性がある。きつい曲げが加わるとコアから被覆に向かって光が漏れ、特にハイパワー環境下においてはその漏れ光により熱が発生し、強いては被覆層の劣化を誘発することになる。本発明者らは、ハイパワー環境下において短期的に曲げが加わった場合の被覆損傷に関する以下の試験を実施した。

本発明の実験に用いた光ファイバはITU-T G.625に基づくシングルモードファイバであり、光ファイバの被覆層は、紫外線硬化型樹脂からなる一次被覆層及び二次被覆層の二層被覆で構成されたものである。

通常、光ファイバの被覆層には、一次被覆層は外力の影響をガラスに伝わらないようにするため常温時ヤング率約0.5～10MPaのソフト樹脂が使用され、二次被覆層は保護のために常温時ヤング率100～1000MPaのハード樹脂が用いられる。その他の特性としてT_g(ガラス転移点温度)は、一次

被覆層材料として $-20 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 、二次被覆層材料として $60 \sim 120^{\circ}\text{C}$ の材料が用いられる。また被覆層の屈折率は、ガラスクラッドから一次被覆層、二次被覆層と外周に向かって高くなる組み合わせで使用されることが好ましい。

本発明に用いた紫外線硬化型樹脂は、ポリエーテルウレタンアクリート系の紫外線硬化型樹脂であり、 $200\mu\text{m}$ 厚で、空気下、 $500\text{mJ}/\text{cm}^2$ のUV照射量時におけるシート評価での一次被覆層は、ヤング率は 1.0MPa 、 $T_g - 5^{\circ}\text{C}$ 、屈折率 1.49 の特性を有する樹脂を用いた。また二次被覆層は、ヤング率は 800MPa 、 $T_g 90^{\circ}\text{C}$ 、屈折率 1.53 の特性を有する樹脂を用いた。

本発明に用いた光ファイバ素線は、ガラス径 $125\mu\text{m}$ のシングルモードファイバで、上記一次被覆層径は $195\mu\text{m}$ 、上記二次被覆層径は $245\mu\text{m}$ である。

一方、着色層は未硬化の紫外線硬化型樹脂液に、種々の顔料又は染料を添加し、液内で均一に分散させた状態で、被覆ファイバ上に塗布し、UV照射で硬化することによって形成される。この際、顔料や染料の添加量が多ければ多いほど、着色層の色、及び色調は濃くなり識別しやすくなるが、逆に添加量が多いほど、UV光が透過しなくなり着色樹脂そのものの硬化性が低下してしまう。

着色層の透過率は、着色層と同一の厚みを有する着色紫外線硬化型樹脂フィルムを、スピンコーターなどを用いて作成し、紫外分光光度計により測定することが可能である。フィルムの入射光の強さ I_1 とこれを透過して出てくる光の強さ I_2 との百分率($I_2/I_1 \times 100$)で求められる。

通常、着色層は厚さ $3 \sim 10$ ミクロンの薄膜で形成されるが、着色紫外線硬化型樹脂に用いられるジ光開始剤はジフェニルケトン系や、アミノケトン系の化合物であり、吸収波長はおおよそ $330 \sim 420\text{nm}$ である。その領域においては厚さ 10 ミクロンで透過率が 5% 以上の着色樹脂が通常用いられる。

なお、本発明での着色紫外線硬化型樹脂は、顔料を配合しないクリアな樹脂で、厚さ $40\mu\text{m}$ 、空気下、 $500\text{mJ}/\text{cm}^2$ の UV 照射量時におけるシート評価での常温ヤング率が 1100MPa 、 $T_g 100^\circ\text{C}$ の特性を有する樹脂を用いた。また本発明の実験に用いた着色樹脂の着色は、青色と緑色であるが、いずれの色の着色樹脂も、透過率は 5% 以上である。

本発明を構成する着色心線は、各実施例、比較例に従って、上記光ファイバ素線の外周に厚さ $5\mu\text{m}$ の着色層を塗布した構造である。

なお、本発明における着色光ファイバ心線の着色層が光ファイバ素線に占める割合は、素線外周表面積の $30\sim 80\%$ 、特に $40\sim 70\%$ が好ましい。 30% より低いと識別がしにくくなり、 80% よりも大きいと、漏れ光の影響により、変形が発生する。

(実施例 1)

光ファイバ素線外周表面積の 50% 程度で、無着色層と交互になるように、着色をストライプ上に光ファイバ素線の円周上に 3 カ所塗布して実施例 1 とした。(図 14、図 15 参照。) 比較のため、従来の全面に着色層を有する光ファイバの断面図を図 13 に示す。

(実施例 2)

光ファイバ素線外周表面積の 50% 程度で、無着色層と交互になるように、着色をストライプ上に光ファイバ素線の円周上に 3 カ所塗布した。なお、ストライプが螺旋状となるように、着色時に光ファイバ素線にねじりを加えた。(図 16 参照。) ねじりを加える方法は、PMD 特性向上のために光ファイバ素線に線引き中にねじりを加える方法と同じで、UV ランプ通過後の位置で、ねじりを加えてストライプ着色のらせん状態を形成した。

(比較例 1)

光ファイバ素線外周上に着色を均一に塗布して比較例 1 とした。

(実 験)

図 1 1 はハイパワー伝送による被覆層への影響実験装置図である。レーザ光源の出力を P [W], 曲げ直径を A [mm] とした。中心波長 1480 nm で最大 3 W の光源を使用した。

このハイパワー実験系を用いて、実施例、比較例に対する 5 分間の通線試験を実施した。5 分後の実験結果を図 1 2 の表に示す。直径 30 mm 以上では比較例、実施例ともに問題のないことが確認されたが、直径 20 mm 以下においては、実施例において顕著な効果が観察された。

比較例 1 では、直径 20 mm かつ 3 W で、緑色ファイバ心線の UV 被覆層の変形(癖がついてもとに戻らない状態)が観察された。直径 10 , 15 mm において、 2 W 以上で青色心線、緑色心線ともに UV 被覆層の変形が観察された。一方実施例 1 では、直径 15 mm 以上で変化は見られなかった。ただし直径 10 mm で青色心線、緑色心線ともに UV 被覆層の変形が観察された。

実施例 2 では全ての条件で変化は見られなかった。ストライプ着色をらせん状にすると、素線表面の径方向、長さ方向ともに着色の間欠性が均一化されるために、変形がしづらくなると考えられる。

上記のようにハイパワー光の伝送中に、ハンドリング等でファイバに急激な曲げが加わって伝送光が洩れても、着色層をストライプ状とすることで、漏れ光が被覆層外部に抜けるために、ファイバ被覆の劣化を抑え、断線や発火などの問題を完全に防止できる。

(ファイバフューズを発生させない光伝送方法)

次に、ファイバフューズの発生及び、伝達をさせることなく、高出力光を安

全に伝搬する伝送方法の実施態様について説明する。

このファイバフューズ現象は、近年の光パワーが高出力化していることを考慮すると、例えば、光伝送路に組み込まれているコネクタの接続端面に付着した塵埃などのコンタミネーションによる光パワーの吸収や、光ファイバや誘導多層膜フィルタなどにおける組織欠陥に基づく光吸収や、光ファイバの曲げや折れに基づく多重反射などによる光エネルギー密度の濃縮化を原因として、容易に発生し得る状況になっている。

従って、光パワーが今後、更に高出力化されることを想定した場合、上述したファイバフューズ現象の発生防止と、発生した場合、光増幅器、光源への進行防止とが必要になる。つまり、ファイバフューズの発生及び進行を防止し、高価な光増幅器、光源、光部品、光装置の損壊を防止する対策を立てることがぜひとも必要になる。

ラマン増幅器に用いる励起光に代表されるように、伝搬される信号光、励起光の高出力化が進んでおり、ファイバフューズの発生する可能性が高まっている。本態様では、ファイバフューズ伝達に必要な最小の光パワー（ファイバフューズ伝達閾値 P_{th} ）と、光源の波長、光ファイバの種類、ドーパントの種類、及び、MFD との関係を見出した。つまり、伝搬する光のパワー P とすると、

$$P < P_{th}$$

の関係が成り立つ範囲で伝搬させることにより、ファイバフューズの発生、またファイバフューズの伝達を防止することが可能となる。

図4に、このファイバフューズ伝達閾値 P_{th} を測定する測定装置の概要を示す。測定対象の光ファイバに、波長が1064nm又は1467nmにおいて最大5Wのパワーを発生する光源が接続される。そして、入力光のパワーを上げ、光ファイバを局所的に加熱して、その加熱部分でファイバフューズを発生させる。その後、光源のパワーを下げてファイバフューズが消滅した時点の

光パワーを、ファイバフューズ伝達閾値 P_{th} とした。従って、この値は、非常に安全サイドに取った値であり、実用的にこの値以下のパワーの光で、ファイバフューズが発生することはまずないと考えられる。

図5に、SMF (Single Mode Fiber : シングルモードファイバ) とDSF (Dispersion Shifted Fiber : 分散シフトファイバ)、DCF (Dispersion Compensation Fiber) に関して、波長 1064 nm、1467 nm におけるファイバフューズ伝達閾値 P_{th} (W) の値を測定した結果を示す。グラフの縦軸は、閾値 (単位 : W) であり、横軸は波長 (単位 : nm) である。

波長とファイバフューズ伝達閾値とは、1次関数またはそれに近似した相関関係があると考えられる。この波長とファイバフューズ伝達閾値の関係は、光ファイバの種類によって決定されることが図5よりわかる。なお、SMFのMFD (Mode Field Diameter) は10 μ m前後であり、DSFのMFDは7~8 μ m前後であり、DCFのMFDは4~5 μ m前後である。つまり、MFDは、SMF、DSF、DCFの順に小さいことになる。また、図5より、ファイバフューズ伝達閾値 P_{th} が、SMF、DSF、DCFの順となっている。

次に図6に、ファイバフューズ伝達閾値 P_{th} とMFDとの関係を示す。SMF、DSF、DCF、さらにMFDの大きいその他のファイバを使用して、データを測定した。なお、MFDの大きいファイバの例としては、Thermally-diffused Expanded Core Fiber (以下TECファイバと呼ぶ) がある。TECファイバは、熱拡散技術により光ファイバのMFD (モードフィールド径) を局所的に拡大させたファイバである。ここで、グラフの縦軸は閾値 (単位 : W) であり、横軸は、MFD (単位 : μ m) である。グラフには表されていないが、実験結果より、光ファイバのファイバフューズ伝達閾値 P_{th} は、MFDの大きさの影響が最も大きい。それ以外の光ファイバのファイバフューズ伝達閾値 P_{th} に影響を及ぼす要因としては、ドー

パントの種類や量が考えられる。

図6に示すように、 $30\mu\text{m}$ 前後までの幅広いMFD域でのファイバフューズ伝達閾値 P_{th} の測定データは今まで存在していなかった。MFDが $10\mu\text{m}$ 以下での狭い範囲でのファイバフューズ伝達閾値 P_{th} の測定データからは、ファイバフューズ伝達閾値 P_{th} とMFDとの関係は、二次関数的に近似した相関関係があると判断できる。しかしながら、図6に示すように、MFDが $20\mu\text{m}$ 、 $30\mu\text{m}$ の測定結果を踏まえると、両者の関係には、1次関数; $P_{th}=0.15\times\text{光ファイバのMFD}(\mu\text{m})$ 又はそれに近似した相関関係があることが判明した。

この図5、図6のデータを用いれば、伝送路である光ファイバの種類、仕様と、伝搬される信号光、励起光の波長によって、所定のファイバフューズ伝達閾値 P_{th} を求めることができる。

次に、このファイバフューズ伝達閾値 P_{th} に対して、伝搬される光のパワー P を、 $P < P_{th}$ の関係が成り立つ範囲で制御された光増幅器の説明を行う。

図7には、ラマン増幅に利用される高出力波長多重励起光源の構成図を示す。この高出力波長多重励起光源では、5種類の波長の計7個のレーザ素子を備える。このレーザ素子は、FBG、多層膜フィルタ等により波長安定化がなされている。これらのレーザ素子から発生した励起光は、合波器で、偏波合成や波長合成がなされて、高出力励起光を得る構造になっている。このラマン増幅器は、各波長の出力パワーを変えることによって、平坦な利得一波長特性を得ることができる。

本図は、後方励起方式であり、接続部A、Bにより信号光伝送路に接続され、WDMカプラを介して、上述の高出力励起光が信号光伝送路へ伝搬される。また、途中のタップカプラでこの高出力励起光の一部を微小量分岐し、出力パワーモニタへ伝送する。この出力パワーモニタで高出力励起光のトータル出力パ

ワーがモニタされ、そのモニタ値を駆動制御回路へフィードバックする。駆動制御回路は、所定の出力の信号光、励起光が発生するように、レーザ素子の出力を制御する働きをする。

この制御の方法を、図8のフロー図に示す。上述のように、励起光ユニットのトータル出力パワー P をモニタする。そして、あらかじめ設定された、種々のパラメータにおけるファイバフューズ伝達閾値 P_{th} と比較する。もし、トータル出力パワー P がファイバフューズ伝達閾値 P_{th} のよりも小さければ、そのままのパワーを維持するか、パワーを増加させる。

もし、トータル出力パワー P がファイバフューズ伝達閾値 P_{th} よりも大きい場合には、ファイバフューズが発生する恐れがあり、パワー P を低減する制御を行う。この場合、重要なことは、平坦な利得一波長特性を保ちながら、パワーを減じる必要があることである。

ラマン増幅器は、各波長の励起光の出力パワーを制御することにより平坦な利得一波長特性を得ることが出来るが、トータルパワーを低減させる際に、特定波長のパワーを低減させた場合には、利得一波長特性の平坦性は崩れ、その性能を十分に発揮することができなくなる。特に、短波長側の励起光が出す利得スペクトルにはリップルが生じやすいため、通常、多重数を増やして1波長当たりの利得を小さくする等の制御を行う必要がある。

従って、リップルが発生させず、利得一波長特性の平坦性を失わないように、各波長の励起光のパワーを少しずつ低減する適切なパワー低減制御が必要である。

以上の制御によって、常に、ファイバフューズの発生や伝送の恐れなく、また、利得一波長特性が安定したハイパワーな信号光、励起光を伝送することが可能となる。

上述のように、数ワットのハイパワーの励起光、信号光を伝搬する場合において、本発明によれば、直径10mmという小さな径で曲げてでも損傷することなく伝搬を続けられる光ファイバを提供することができる。従って、今後ますます伝送容量の大容量化に伴う伝送信号光、励起光のハイパワー化と、光通信システムに用いる光装置の小型化の要求を十分に満足することができる。また、事故やミスによるトラブルを防ぐことができる。

更に、本発明によれば、ファイバフューズを発生させたり伝達させたりする恐れが無く、ハイパワーの励起光、信号光を伝搬させることが可能となる。特に、本発明の伝送方法によれば、今後ますます重要性が増している、ラマン増幅器等の平坦な利得一波長特性を損なうことなく、伝搬する励起光、信号光のパワーを制御することが可能であり、安定したハイパワーの励起光、信号光の伝搬が可能になる。

更に、本発明の光ファイバやハイパワーの励起光、信号光の伝送方法を利用することによって、ハイパワー光に対応する様々な光装置や光通信システムを提供することができる。

(光ファイバ端部の損傷)

次に光ファイバ端部の損傷について説明する。

光パワーの高出力化に伴い、図9Aから図9Cに示されるような光ファイバの端面の損傷である。現状でも、光コネクタの損傷が時々報告されている。

光増幅器の励起光と同じ波長帯域である1480nmにピーク波長のある光源を用いて試験を行う。試験サンプルは、FCコネクタの端面に傷をつけるか、不純物を付けて、コネクタ同士を合わせるにより準備することができる。そして、2Wのレーザ光を光システムに入力して、試験サンプルの変化を観察した。この試験条件と試験結果を図10に示す。

試験の結果としては、標準（一般的に市販されているSMFのコア層に傷をつけていないもの）に従った試験サンプルは、予想通り変化は無かった。

次に、あまり適切でない研磨条件で傷を付けた試験サンプルも、更なる損傷は見られなかった。また、 $5\mu\text{m}$ のやすりで非常に大きな傷を付けた試験サンプルについては、温度は上昇したが、その他の損傷は見られなかった。透明性の高い不純物の付いた試験サンプルについては、なんら変化は見られなかった。気泡のある屈折率整合油が付いた試験サンプルについては、温度が上昇したが、これは、接続損失によるものと思われる。

金属や黒い成分等の光を吸収する不純物を有する試験サンプルの場合には、仮に接続損失が小さくても、試験サンプルの端部は損傷し、ファイバフューズが発生する場合もある。特に、リン青銅の場合には、わずか 50mW の出力でも端部が損傷した。

上記の試験により、光の出力を容易に吸収する不純物だけで、直接、光ファイバ端部が損傷されることが示された。よって、この不純物を捕捉する恐れがあるので、コア層における傷は避けることが望ましい。同様に、気泡や不純物を捕捉しやすいので、高出力環境において屈折率整合油を使用することは避けた方がよい。

なお、GRINレンズ、又は、放熱技術を用いてMFDを広げることは、端部のエネルギー出力密度を小さくすることができるので、耐久性を挙げる効果を有する。一方、不純物を除去するために、端部をクリーニングする方法が、この問題に対する最も有効な方法である。端部が壊れた場合は、損傷したコネクタを再研磨したり、交換したりすることにより、解決することができる。

以上、本発明の様々な実施形態を説明したが、本発明の態様は上述した態様には限られず、更に様々な態様が考えられる。

請 求 の 範 囲

1. 外周を被覆材で覆われた被覆光ファイバであって、前記被覆材に透明な紫外線硬化型樹脂を用いることによって、前記被覆材が光ファイバから外部へ漏れた光を吸収して発熱するのを抑制することを特徴とする高出力光を伝送できる被覆光ファイバ。
2. 前記被覆材に透明の代わりに半透明な紫外線硬化型樹脂を用いることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の高出力光を伝送できる被覆光ファイバ。
3. 外周を、紫外線硬化型樹脂からなる一次被覆層、紫外線硬化型樹脂からなる二次被覆層、着色層の順に覆われた被覆光ファイバであって、前記着色層が、前記二次被覆層の外表面の一部を覆っていることを特徴とする高出力光を伝送できる被覆光ファイバ。
4. ストライプ状をなす前記着色層が、前記二次被覆層の外表面の一部を覆っていることを特徴とする請求の範囲第3項に記載の高出力光を伝送できる被覆光ファイバ。
5. らせんストライプ状をなす前記着色層が、前記二次被覆層の外表面の一部を覆っていることを特徴とする請求の範囲第3項に記載の高出力光を伝送できる被覆光ファイバ。
6. 500mW以上の高出力光を伝送することを特徴とする請求の範囲第

1 項から第 5 項の何れか 1 項に記載の高出力光を伝送できる被覆光ファイバ。

7. 請求の範囲第 1 項から第 6 項の何れか 1 項に記載の高出力光を伝送できる被覆光ファイバを、内面に光を吸収する層を有するパッケージ部材で収納したことを特徴とする光ファイバパッケージ。

8. 請求の範囲第 1 項から第 6 項の何れか 1 項に記載の高出力光を伝送できる被覆光ファイバを用いたことを特徴とする光装置。

9. ファイバフューズ伝達に必要な最小の光出力であるファイバフューズ伝達閾値を求めて、伝送する光の出力が前記ファイバフューズ伝達閾値よりも小さくなるように出力制御を行うことを特徴とする光の伝送方法。

10. 光増幅器の出力光の一部を微小量分岐してモニタする工程と、
予め設定されたファイバフューズ伝達閾値とモニタした値（モニタ値）とを比較する工程と、
前記モニタ値が前記ファイバフューズ伝達閾値よりも小さい場合には、前記光増幅器の出力を維持するか上げる命令を行い、前記モニタ値が前記ファイバフューズ伝達閾値以上である場合には、前記光増幅器の出力を下げる命令を行う工程と、
を備えたことを特徴とする光増幅器の制御方法。

11. 前記前記光増幅器の出力を下げる場合において、波長多重光の各波長の

光出力を少しずつ下げることの特徴とする請求の範囲第 10 項に記載の光増幅器の制御方法。

1/12

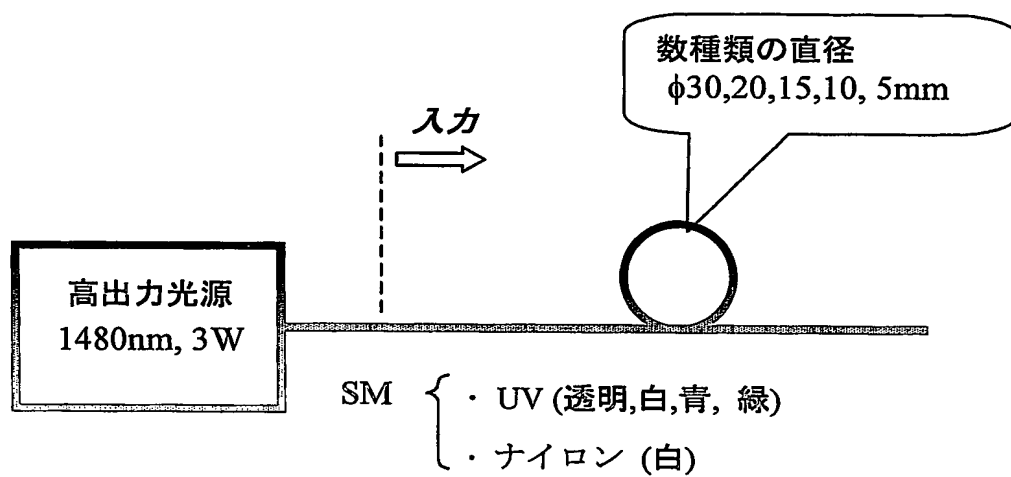


図1

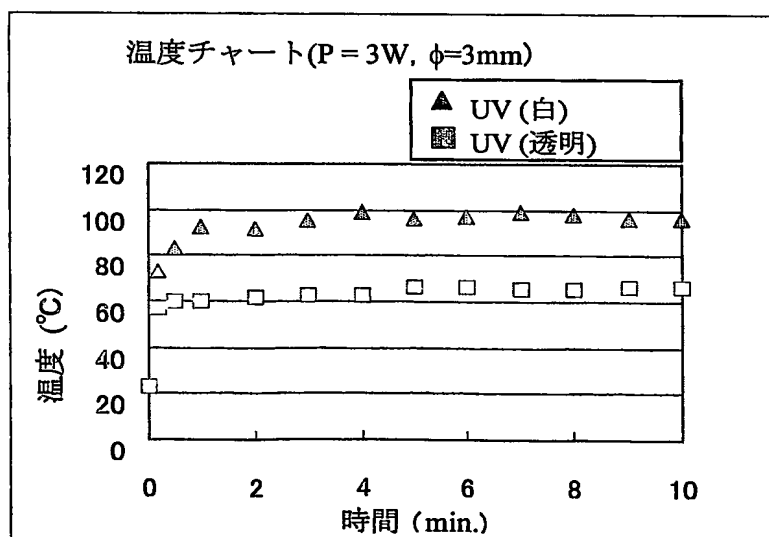


図2

2/12

図3 5分間通光させた後の変化

| 入力 1480nm | 曲げ直径 (mm) | ファイバコーティング | | | | |
|--------------|--------------|------------|--------|--------|--------|----------|
| | | UV (透明) | UV (白) | UV (青) | UV (緑) | ナイロン (白) |
| 1 W | φ 30 | 変化無し | 変化無し | 変化無し | 変化無し | 変化無し |
| | φ 20 | 変化無し | 変化無し | 変化無し | 変化無し | 変化無し |
| | φ 15 | 変化無し | 変形 | 変形 | 変形 | 変形 |
| | φ 10 | 変化無し | 変形 | 変形 | 変形 | 変形 |
| | φ φ 5 | 変化無し | 変形 | 変形 | 変色 | 溶けた |
| 2 W | φ 30 | 変化無し | 変化無し | 変化無し | 変化無し | 変化無し |
| | φ 20 | 変化無し | 変化無し | 変化無し | 変化無し | 変化無し |
| | φ 15 | 変化無し | 変形 | 変形 | 変形 | 変形 |
| | φ 10 | 変化無し | 変形 | 変形 | 変形 | 変形 |
| | φ φ 5 | 変色 | 変色 | 変色 | 変色 | 焼けた |
| 3 W | φ 30 | 変化無し | 変化無し | 変化無し | 変化無し | 変化無し |
| | φ 20 | 変化無し | 変化無し | 変化無し | 変形 | 変化無し |
| | φ 15 | 変化無し | 変形 | 変形 | 変形 | 変形 |
| | φ 10 | 変化無し | 変形 | 変形 | 変形 | 変形 |
| | φ φ 5 | 変色 | 変色 | 変色 | 変色 | 焼けた |

3/12

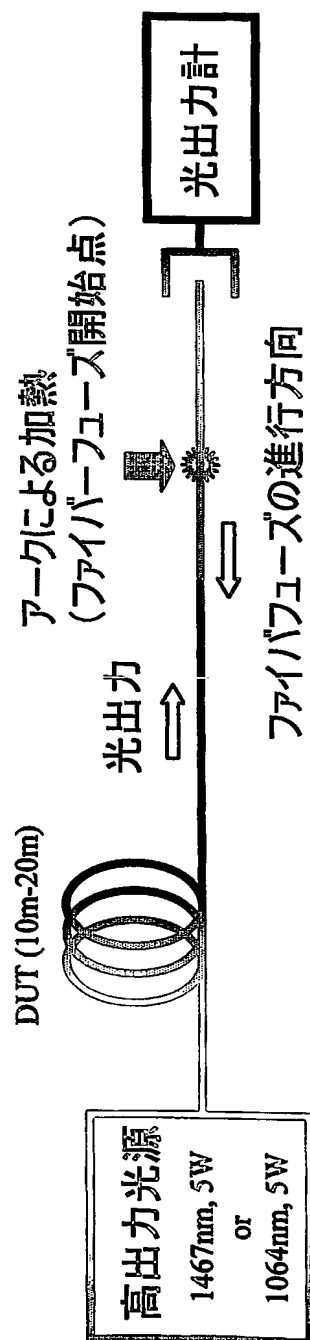


図4

4/12

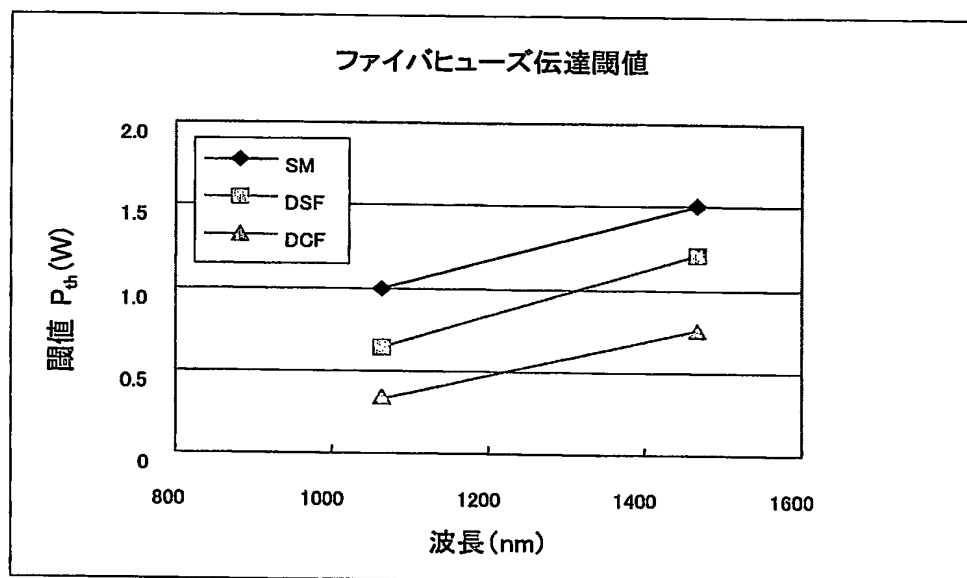


図5

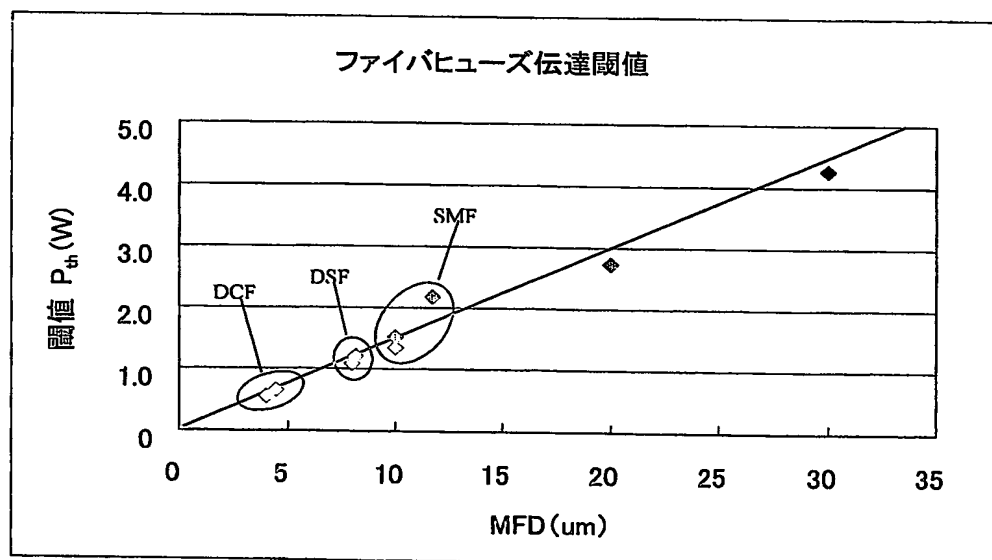


図6

5/12

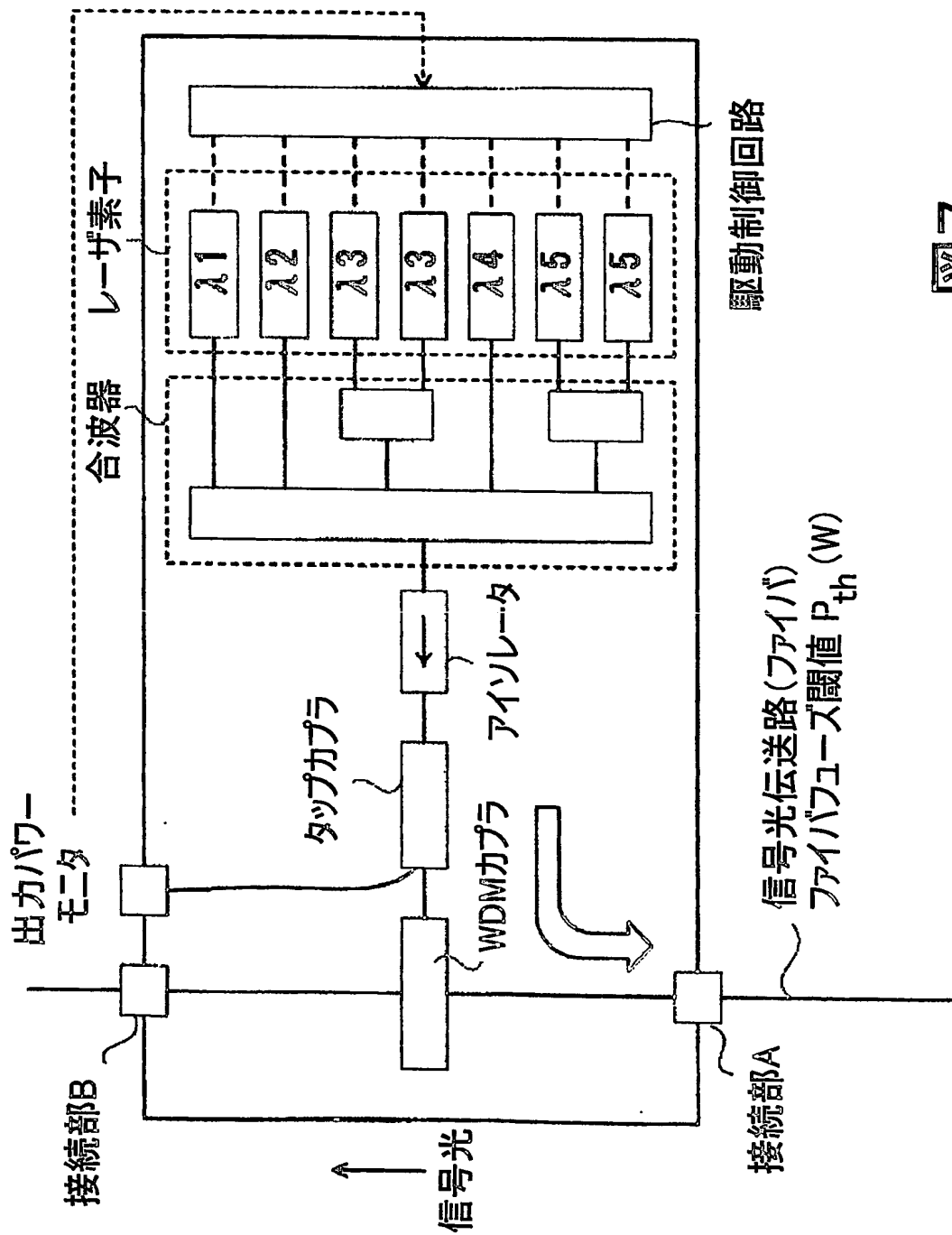


図7

6/12

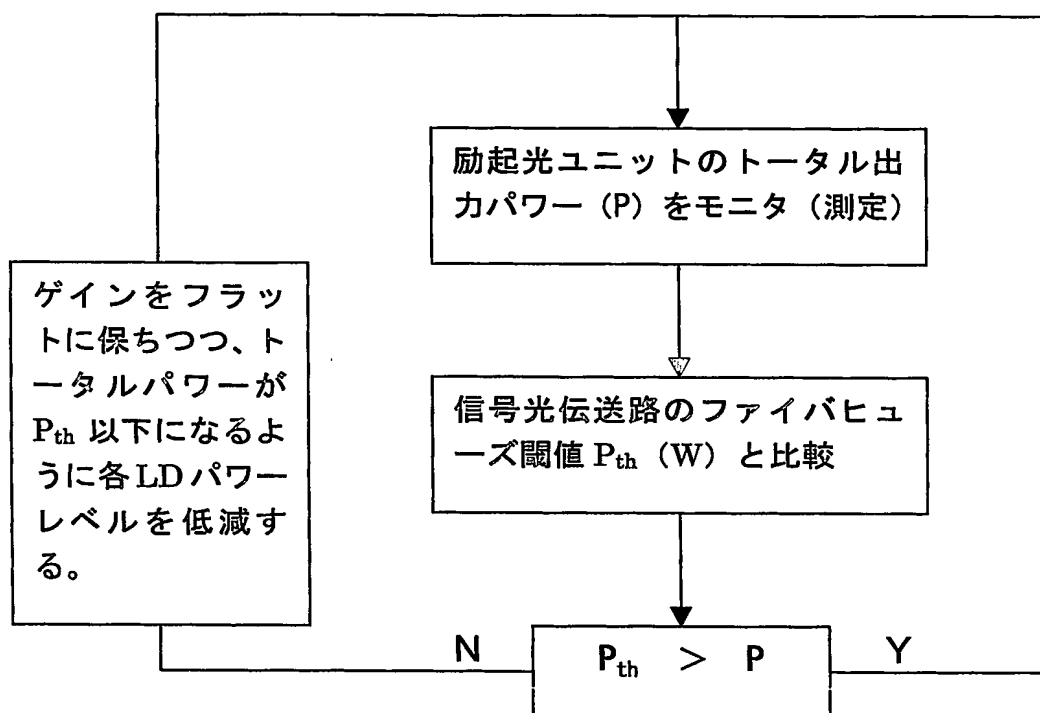


図8

7/12

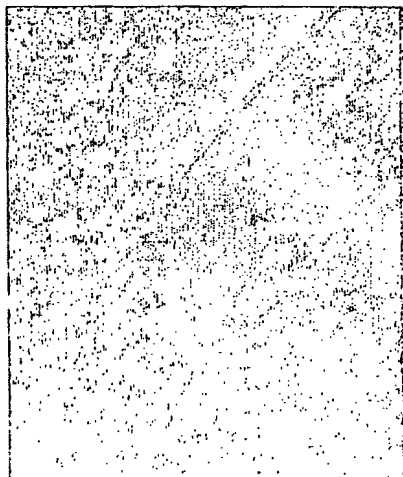


図 9C



図 9B

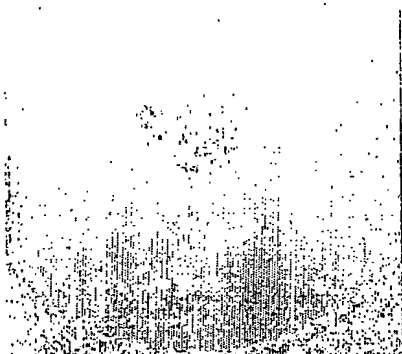


図 9A

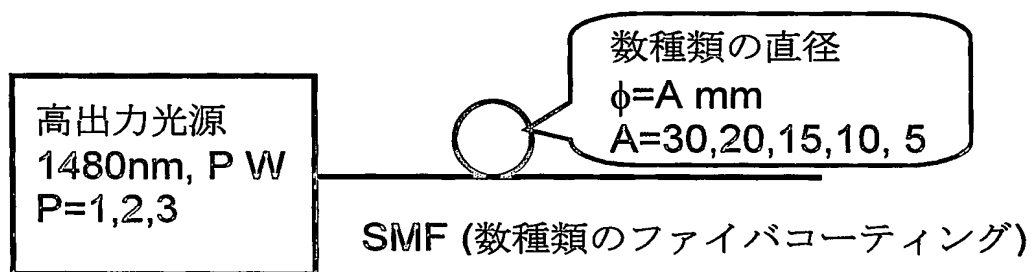
BEST AVAILABLE COPY

8/12

| 試験 | 条件 | 接続ロス | 1480nm レーザ (2W)で5サンプルを評価した結果 |
|----|------------------------|---------------|----------------------------------|
| 1 | 標準 | 0.12dB (typ.) | 変化無し : 5 |
| 2 | 全面にスクラッチ | 0.18dB (typ.) | 変化無し : 5 |
| 3 | 5 μ m のやすりによるスクラッチ | 0.78dB (typ.) | 温度上昇 : 5 |
| 4 | エタノール | 0.14dB (typ.) | 変化無し : 5 |
| 5 | 手からの汚れ | 0.21dB (typ.) | 変化無し : 5 |
| 6 | マツチングオイル+泡 | 0.64dB (typ.) | 変化無し : 2, 温度上昇 : 3 |
| 7 | 炭素入りエポキシ | 0.67dB (typ.) | 変化無し : 1, 温度上昇 : 2, 端部損傷 : 2 |
| 8 | ニッケル - メッキ | 1.39dB (typ.) | 温度上昇 : 2, 端部損傷 : 3 |
| 9 | 油性 - マーカ (黒) | 0.24dB (typ.) | 端部損傷 : 4, ファイバフェーズ : 1 |
| 10 | リン性銅 | 1.12dB (typ.) | 変化無し : 1, 端部損傷 : 3, ファイバフェーズ : 1 |

図10

9/12



ハイパワー伝送による被覆層への影響図

図11

10/12

試験結果

| 入力 1480nm | 直径 (mm) | 実施例 1 | | 実施例 2 | | 比較例 1 | |
|--------------|------------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
| | | 青 色 | 緑 色 | 青 色 | 緑 色 | 青 色 | 緑 色 |
| 1 W | φ 30 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | φ 20 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | φ 15 | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × |
| | φ 10 | × | × | ○ | ○ | × | × |
| 2 W | φ 30 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | φ 20 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | φ 15 | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × |
| | φ 10 | × | × | ○ | ○ | × | × |
| 3 W | φ 30 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | φ 20 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × |
| | φ 15 | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × |
| | φ 10 | × | × | ○ | ○ | × | × |

表中、×：被覆層の変形(癖がついてもとに戻らない状態)

○：被覆層の変化なし

11/12

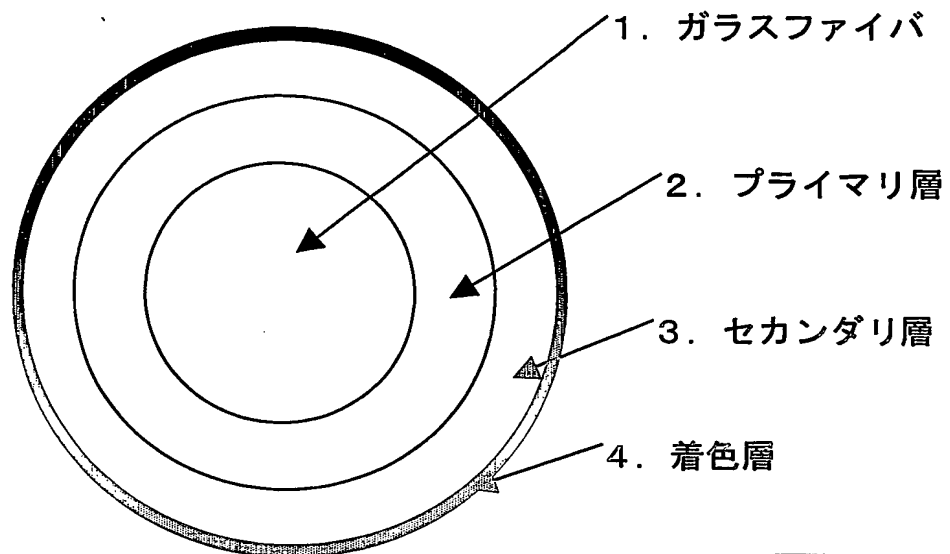


図13

着色光ファイバ心線

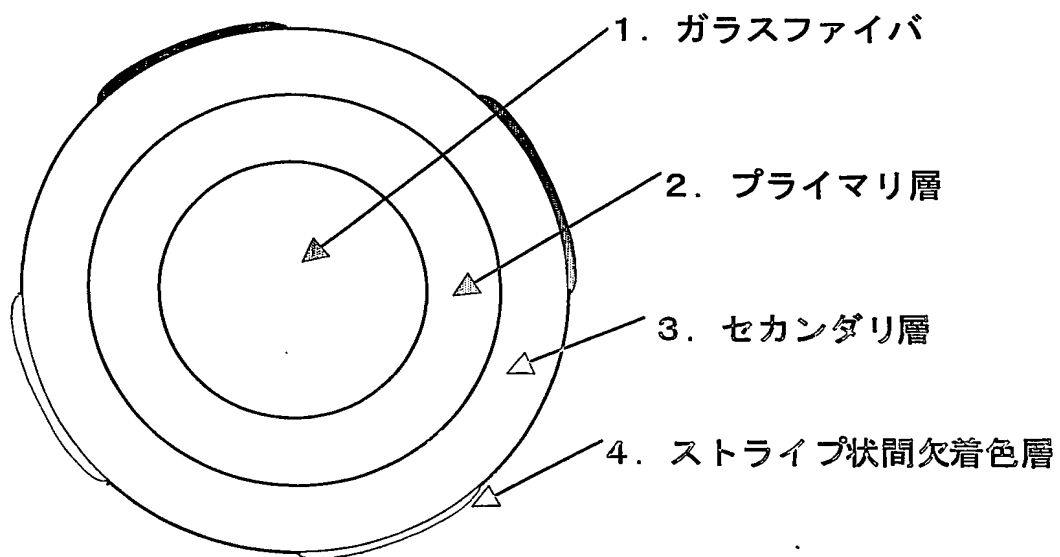
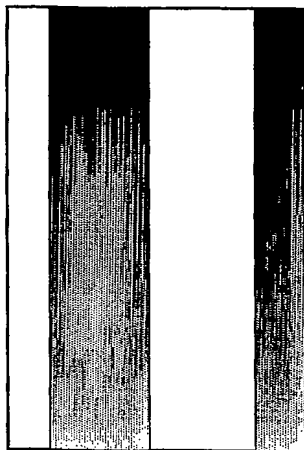


図14

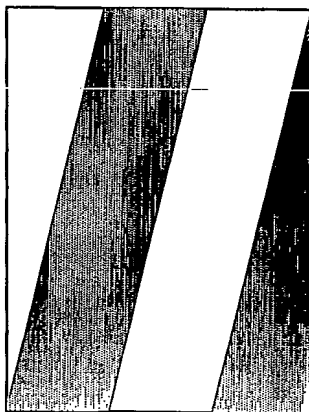
着色光ファイバ心線

12/12



ストライプ状着色光ファイバ
心線側面図

図15



らせんストライプ状着色
光ファイバ心線側面図

図16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/000141

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G02B6/44, H01S3/067, H01S3/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02B6/44, H01S3/067, H01S3/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1922-1996 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2004 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2004 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2004 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JOIS (JSTPLUS)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| X Y | JP 10-510104 A (LDT GmbH. & Co. Laser-Display-Technologie KG), 29 September, 1998 (29.09.98), Page 9, lines 10 to 18; Fig. 2 & WO 97/12429 A1 & EP 793867 A1 & US 5864645 A & CN 1166239 A & DE 59602381 D & RU 2138892 C1 | 1, 2, 6, 8 7 |
| X Y | JP 4-170508 A (Director General, Agency of Industrial Science and Technology), 18 June, 1992 (18.06.92), Page 2, upper right column, lines 9 to 20 (Family: none) | 1, 2, 6, 8 7 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 May, 2004 (31.05.04)

Date of mailing of the international search report

15 June, 2004 (15.06.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/000141

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| X Y | JP 9-506980 A (Kabel Rheydt AG.), 08 July, 1997 (08.07.97), Claim 1; Figs. 1 to 3 & WO 95/17695 A1 & US 5796905 A & EP 736194 A1 & CN 1138378 A & NO 962668 A & RU 2150724 C1 | 3-6, 8 7 |
| X Y | JP 2000-9971 A (Alcatel), 14 January, 2000 (14.01.00), Claim 1; Fig. 1 & EP 964280 A2 & CN 1243961 A | 3-6, 8 7 |
| X Y | Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 139387/1985 (Laid-open No. 49112/1987) (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 26 March, 1987 (26.03.87), Page 3, lines 5 to 13; Fig. 1 (Family: none) | 3-6, 8 7 |
| Y | JP 10-10353 A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 16 January, 1998 (16.01.98), Claim 1; Fig. 1 (Family: none) | 7 |
| Y | JP 7-84159 A (Hitachi Cable, Ltd.), 31 March, 1995 (31.03.95), Claim 1; Fig. 1 (Family: none) | 7 |
| Y | JP 4-301605 A (Hitachi, Ltd.), 26 October, 1992 (26.10.92), Abstract; Fig. 1 & US 5229569 A & EP 459394 A2 & DE 69115353 D | 7 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/000141

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

- I. Claims 1-8 relate to a coated optical fiber.
- II. Claims 9-11 relate to a light transmission method and a light transmission method using an amplifier.

These two groups of inventions are not considered as a group of inventions so linked as to form a single general inventive concept. Consequently, it appears that claims 1-11 do not satisfy the requirement of unity of invention.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1-8

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B6/44, H01S3/067, H01S3/10

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B6/44, H01S3/067, H01S3/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JOIS(JSTPLUS)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| X | JP 10-510104 A (エルディティ ゲーエムバーハ ウント シーオー レーザーディスプレイテクノロジー カーゲー) | 1, 2, 6, 8 |
| Y | 1998. 09. 29 第9頁第10-18行、図2 & WO 97/12429 A1 & EP 793867 A1 & US 5864645 A & CN 1166239 A & DE 59602381 D & RU 2138892 C1 | 7 |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

31. 05. 04

国際調査報告の発送日

15. 6. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

柏崎 康司

2K

3103

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|-----------------------|---|------------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
| X | J P 4-170508 A (工業技術院長) | 1, 2, 6, 8 |
| Y | 1992. 06. 18 第2頁右上欄第9-20行 (ファミリーなし) | 7 |
| X | J P 9-506980 A (カーベル・ライト・アクチェンゲゼ ルシャフト) | 3-6, 8 |
| Y | 1997. 07. 08 請求項1、図1-3 & WO 95/17695 A1 & US 5796905 A & EP 736194 A1 & CN 1138378 A & NO 962668 A & RU 2150724 C1 | 7 |
| X | J P 2000-9971 A (アルカテル) | 3-6, 8 |
| Y | 2000. 01. 14 請求項1、図1 & EP 964280 A2 & CN 1243961 A | 7 |
| X | 日本国実用新案登録出願60-139387号 (日本国実用新案登 録出願公開62-49112号) の願書に添付した明細書及び図面 | 3-6, 8 |
| Y | の内容を撮影したマイクロフィルム (三菱電線工業株式会社), 1987. 03. 26 第3頁第5-13行、第1図 (ファミリーなし) | 7 |
| Y | J P 10-10353 A (三菱電線工業株式会社) | 7 |
| | 1998. 01. 16 請求項1、図1 (ファミリーなし) | |
| Y | J P 7-84159 A (日立電線株式会社) | 7 |
| | 1995. 03. 31 請求項1、図1 (ファミリーなし) | |
| Y | J P 4-301605 A (株式会社日立製作所) | 7 |
| | 1992. 10. 26 要約、図1 & US 5229569 A & EP 459394 A2 & DE 69115353 D | |

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項(PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

- I. 請求の範囲1-8は、被覆光ファイバに関するものである。
- II. 請求の範囲9-11は、光の伝送方法及び増幅器を用いた光の伝送方法に関するものである。

そして、これら2つの発明群が単一の一般的発明概念を形成するように関連している一群の発明であるとは認められない。

よって、請求の範囲1-11は発明の単一性の要件を満たしていないことが明らかである。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

請求の範囲1-8

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。